

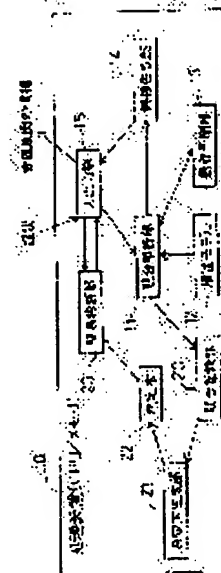
(11)Publication number : **01-126761**  
(43)Date of publication of application : **18.05.1989**

(21)Application number : **62-284898**  
(22)Date of filing : **11.11.1987**

## (54) TROUBLE DIAGNOSIS SYSTEM

**PURPOSE:** To improve the speed and accuracy of trouble diagnosis by automatically preparing a decision tree, which diagnoses the symptoms of a high frequency from an experience in the past, using this decision tree at first at a diagnosing time and trying the identification of a trouble spot.

**CONSTITUTION:** A simplified diagnosing part 23 causes the symptoms of the high frequency to be the decision tree from the experience in the past and the procedure of the processing is as follows. The route node is a decision tree is obtained as an N. Whether the N is a leaf to be condensed trouble causes or not is decided. In the case of the leaf, control is moved to a processing 7. The symptoms of the N to be questioned is transferred to an input and output part 15 and whether the symptoms are measured or not is questioned to a user. When there is an answer that the symptoms are measured, the control is moved to a processing 5 and in the case of the answer of no measurement, the control is moved to a processing 6. Next, with proceeding to the left leaf of the N, the node is obtained as the new N and the operation is returned to a processing 2. Then, after proceeding to the right branch of the N, the node is obtained as the new N and the operation is returned to the processing 2. When the N is the leaf, it is obtained as the trouble causes.



[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

{ cf }

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-126761

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup> 識別記号 庁内整理番号 ⑭ 公開 平成1年(1989)5月18日  
 G 06 F 15/20 F-7230-5B  
 G 01 D 21/00 Q-7809-2F  
 G 05 B 23/02 3 0 2 Y-7429-5H 審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 故障診断方式

⑯ 特 願 昭62-284898

⑰ 出 願 昭62(1987)11月11日

⑱ 発 明 者 吉 田 裕 之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑲ 発 明 者 成 田 良 一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑳ 発 明 者 泉 寛 幸 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

㉑ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小笠原 吉義 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称 故障診断方式

## 2. 特許請求の範囲

故障診断対象の構造モデル(12)を持ち、その構造モデルに基づく動作予測を利用して、入力された各症状の選小組合を求めることにより、故障原因の極小の候補を求める計算機による故障診断方式において、

各症状に対応して求めた上記極小組合を記憶しておく組合記憶部(20)と、

記録した極小組合の中から所定の頻度以上のものを抽出して故障原因の候補に関する決定木を生成する決定木生成部(21)と、

故障診断時に上記決定木による初期診断を行う簡易診断部(23)とを備えたことを特徴とする故障診断方式。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔概要〕

計算機によって故障診断対象の構造モデルに基づく動作予測を行い、その予測が症状と対応する結果を導いた制約条件に関する構成要素を、故障原因の候補とする故障診断方式に関し、

よく起きる故障について、簡易かつ高速にその診断を行うことができるようにすると共に、その診断の範囲および精度を自動的に強化する手段を提供することを目的とし、

各症状に対応して求めた極小組合を記憶しておく組合記憶部と、記録した極小組合の中から所定の頻度以上のものを抽出して故障原因の候補に関する決定木を生成する決定木生成部と、故障診断時に上記決定木による初期診断を行う簡易診断部とを備えるように構成する。

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、計算機によって故障診断対象の構造モデルに基づく動作予測を行い、その予測が症状

## 特開平 1-126761(2)

と示す結果を基いた制約条件に關する構成要素を、故障原因の候補とする故障診断方式に關する。

## 【従来の技術】

現在、最も先物的な故障診断技術として、例えばXEROX社のde Kleer氏とWilliams氏が、"ARTIFICIAL INTELLIGENCE 誌32巻"に発表した論文「Diagnosing Multiple Faults」で報告されている方式GDEがある。

第7図は、このGDEのブロック図である。

第7図において、10はCPUおよびメモリなどからなる処理装置、11は与えられた症状に対する極小集合を決定する組合解析部、12は装置の対象である装置の構造を記述した構造モデル、13は構造モデル12を用いて対象装置の動作を予測する動作予測部、14はそれまでに得られた極小集合から故障原因の候補を生成する候補生成部、15は利用者との会話を司る入出力部である。

ここで、構造モデル12は、故障診断対象装置

の各部品に関する記述の集合として与えられるものである。ある症状に対する「組合」とは、構造モデル12の部分集合であって、この部分集合だけから予測できる動作が、その症状と矛盾するものである。他の組合を部分集合として含まない組合を、「極小組合」という。

このとき、与えられた症状の組合に対する候補は、構造モデル12の部分集合であって、各症状に対する極小組合と、少なくとも1つの要素を共有するものである。故障診断の目的は、与えられた症状の組合に対する候補をすべて求めることにある。

例えば、故障診断対象装置として、(C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8)の要素の集合で構成される構造モデル12を考えると、これに、症状S1が与えられたとする。この構造モデル12におけるC1、C2、…は、デジタル回路を例にすると、アンド回路、オア回路または加算器、乗算器などといった素子または部品等に対応するものと考えてよい。

- 3 -

症状S1が与えられると、第7図に示す組合解析部11は、構造モデル12のすべての部分集合を、空集合(φ)から小さい順に取り出し、動作予測部13を起動する。そして、動作予測部13が予測した動作と、症状S1とが矛盾する極小の部分集合X1を求め、それを極小集合とする。今、仮に、

$X1 = \{C1, C3, C6, C8\}$  とする。

候補生成部14は、それまでに与えられた症状の集合(S1)に対する候補の集合Z1を、X1から求める。この例では、

$Z1 = \{\{C1\}, \{C3\}, \{C6\}, \{C8\}\}$

である。

次に、症状S2が与えられると、同様にして、組合解析部11は、極小集合X2を求める。仮に、 $X2 = \{C1, C3, C4\}$  とする。

候補生成部14は、Z1とX2とから、症状の集合(S1、S2)に対する候補の集合Z2を求める。この例では、

$Z2 = \{\{C1\}, \{C3\}, \{C4, C6\},$

$\{C4, C8\}\}$

である。さらに、症状S3により、

$X3 = \{C1, C6\}$  が求まると、候補の集合は、 $Z3 = \{\{C1\}, \{C3, C6\}, \{C4, C6\}\}$  となる。

これは、「部品C1が異常」、「部品C3とC6が共に異常」、「部品C4とC6が共に異常」の3通りの原因が考えられることを示唆している。

## 【発明が解決しようとする問題点】

上記従来の方式による故障診断では、比較的頻繁に起きて、本来は簡単に原因を判別できる故障であっても、稀にしか起きない故障と同様な診断を行うので、非常に多くの計算量を必要とする。

この問題の解決案として、例えば、特定の症状が典型的である場合には、それに関わる真計算を避けるため、入力された症状の集合と、診断結果である候補集合を記憶しておき、まずこれらの経験例の中に、同じ入力がないかを検索することが考えられる。しかし、これは、記憶している経験

- 5 -

- 474 -

- 8 -

## 特開平 1-126761(3)

例の般に比例する線形のオーダーの検索時間を必要とする。

本発明は上記問題点の解決を図り、よく起まる故障について、略易かつ高度にその診断を行うことができるようにすると共に、その診断の範囲および精度を自動的に強化する手段を提供することを目的としている。

## 〔問題点を解決するための手段〕

第1図は本発明の原理ブロック図である。

第1図において、第7図と同符号のものは、第7図に示すものに对应し、20は結合記録部、21は決定木生成部、22は決定木、23は簡易診断部を意味する。

処理装置10は、故障診断の対象である装置の構造を記述した構造モデル12を持ち、入出力部15により症状を入力して、結合解析部11、動作予測部13、候補生成部14により、第7図で説明したような診断を行い、故障原因の候補を出力する。

- 7 -

のような仮定の元で、頻度の高い症状についての診断が行われる。

- (a) 故障は1箇所しか起きていない。
- (b) 故障箇所を種小結合に含むような症状は、すべて検出できる。

この決定木22による簡易診断によれば、故障原因についての類推的な探索を行う必要がなくなるので、故障の種類についての対数オーダーの時間で、故障を同定できるようになる。また、結合記録部20および決定木生成部21によって、決定木22の生成が自動的に行われるので、診断経験を積みにつれて、決定木22が強化され、簡易診断できる故障の種類、精度が向上することになる。

## 〔実施例〕

第2図は本発明の実施システム例、第3図は本発明の一実施例に係る種小結合記録情報の例、第4図は本発明の一実施例で生成される決定木の例、第5図は決定木生成部の処理の例、第6図は簡易

的に、本発明では、結合記録部20により、結合解析部11が各症状に対応して求めた種小結合を記録しておくようになっている。決定木生成部21は、結合記録部20が記録した種小結合の中から所定の頻度以上のものを抽出して自動的に故障原因の候補に関する決定木22を生成する処理を行うものである。

簡易診断部23は、故障診断にあたって、決定木22が座落されている場合に、結合解析部11、動作予測部13、候補生成部14による深い探索を行う前に、この決定木22による初期診断を行うものである。

## 〔作用〕

本発明では、過去の経験から、頻度の高い症状を診断するための決定木22を自動生成し、診断時には、まずこの決定木22を使って、故障箇所を同定を試み、同定に失敗したときのみ、通常の方式による診断を行う。

この決定木22による簡易診断では、例えば次

- 8 -

診断部の処理の例を示す。

本発明は、例えば第2図に示すような推論システムにより実施される。第2図において、30は入力装置、31は知識を解釈し推論を実行する推論エンジン、32は問題解決のための知識が収納された知識ベース、33はディスプレイ等の出力装置である。診断対象の装置の構造を記述した構造モデル12は、知識ベース32として扱われる。

本実施例では、例えばサーボードなどの入力装置30から、症状を入力して、故障診断を行うが、入力装置30を異常検出用の各種センサとすることにより、故障の検出およびその診断を、自動化することもできる。

第1図に示す結合記録部20が記録する情報は、例えば第3図に示すように、症状と、結合解析部11によって求めたその症状に対応する種小結合である。また、荷重起きたかについての履歴情報についても、その都度更新されて記録されるようになっている。

第3図に示す例では、症状S1に対して求める

- 9 -

- 475 -

- 10 -

## 特開平 1-126761(4)

れた極小組合が、(C1, C3, C6, C8)であり、この症状がn1回発生している。また、症状S2に対して求められた極小組合が、(C1, C3, C4)であり、これがn2回発生している。さらに症状S3の極小組合は、(C1, C6)であり、この症状がn3回発生している。第1図に示す組合記録部20は、組合解析部11による解析結果により、この第3図に示すような情報を蓄積する。

決定木生成部21は、この記憶情報に基づき、例えば第4図に示すような、二分木による決定木22を生成する。決定木22の各ノードは、第4図に示すように、それまでに絞り込まれた故障原因と、質問すべき症状とからなり、「是」は、絞り込んだ故障原因からなり、「否」は、絞り込んだ故障原因からなる。

この決定木22を生成する決定木生成部21の処理は、例えば第5図に示すように行われる。決定木生成部21は、例えば故障件数が1万件というように、所定の回数になると自動的に起動される。または、利用者の指示により起動される。以

下の説明における①～⑥は、第5図に示す処理①～⑥に対応する。

- ① 設定された基準に基づいて、例えば過去の故障件数の5%以上というような、過去に起きた頻度が高い症状とその極小組合とを、組合記録部20から取り出す。
- ② 取り出したすべての症状Siについて、以下の処理③～⑥を行う。
  - (a) Siと同じ極小組合を持つ別の症状が既にあるならば、そのSiを捨てる。
  - (b) Siの極小組合が一意類しかなければ、その極小組合をXiとおく。
  - (c) Siの極小組合が二種類以上あれば、それらの複集合をXiとおく。
- ③ ルートノードを作り、すべてのXiの複集合を、ルートノードの絞り込んだ原因とする。
- ④ ルートノードをスタックにプッシュする。
- ⑤ 次に、スタックが空であるかどうかを判定する。スタックが空であれば処理を終了する。
- ⑥ スタックからノードを一つポップし、それを

- 11 -

Nとおく。

- ⑦ 次の条件⑧～⑩を満たす症状Siがあるかどうかを判定する。

条件⑧：ルートノードからNに至るパス上のどのノードでも、症状Siが質問すべき症状となっていない。

条件⑨：Nの絞り込んだ原因とXiの複集合が空でない。

条件⑩：Nの絞り込んだ原因がXiの部分集合でない。

このような条件を満たす症状Siがない場合、処理⑧へ制御を戻し、同様に処理を繰り返す。

- ⑧ 条件⑧～⑩を満たす症状Siがあれば、Nの左の枝を伸ばし、新しいノードを作り、その絞り込んだ原因を、Nの絞り込んだ原因とXiの複集合とし、新しいノードをスタックにプッシュする。

- ⑨ Nの右の枝を伸ばし、新しいノードを作り、その絞り込んだ原因を、Nの絞り込んだ原因からXiを除いた残りとし、新しいノードをスタ

ックにプッシュする。その後、処理⑧へ制御を戻し、スタックが空になるまで同様に処理を繰り返す。

第1図に示す簡易診断部23は、異常が発生した場合、組合解析部11による診断を行う前に自動的に、または利用者の指示により起動される。簡易診断部23は、第4図に示すような決定木22に基づき、例えば第6図に示す処理①～⑥を実行する。

- ① まず決定木22のルートノードをNとする。
- ② Nは葉であるかどうかを判定する。葉である場合、処理⑦へ制御を移す。
- ③ Nの質問すべき症状を出力部15へ転送し、利用者にその症状が観測されるかを質問する。
- ④ 観測されるの回答が得られた場合、処理⑧へ制御を移し、観測されないの回答が得られた場合、処理⑨へ制御を移す。
- ⑤ Nの左の枝へ進み、そのノードを新たなNとする。その後、処理③へ制御を戻す。
- ⑥ Nの右の枝へ進み、そのノードを新たなNと

- 18 -

—476—

- 14 -

## 特開平 1-126761(5)

する。その後、処理のへ制循環を戻す。

④ Nが真である場合、Nの絞り込んだ原因を、入出力部15へ転送し、回答とする。

なお、利用者に対し、症状についての質問を免すかわりに、異常検出用のセンサからの入力により、故障事象をチェックするようにしてもよい。また、決定木22のノードに、過去の試験における検査情報などを設定しておき、回答時にその検査情報などを故障原因と併せて出力することにより、簡易診断による確かさの指標となるようにしてもよい。

## 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、頻度の比較的高い症状について、決定木を利用することにより、構造モデルによる動作予測などを省略して、高速に診断を行うことができるようになる。また、この決定木は自動的に強化され、診断の精度が、経験回数に応じて向上する。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理ブロック図。

第2図は本発明の実施システム例。

第3図は本発明の一実施例に係る種小組合記録情報の例。

第4図は本発明の一実施例で生成される決定木の例。

第5図は決定木生成部の処理の例。

第6図は簡易診断部の処理の例。

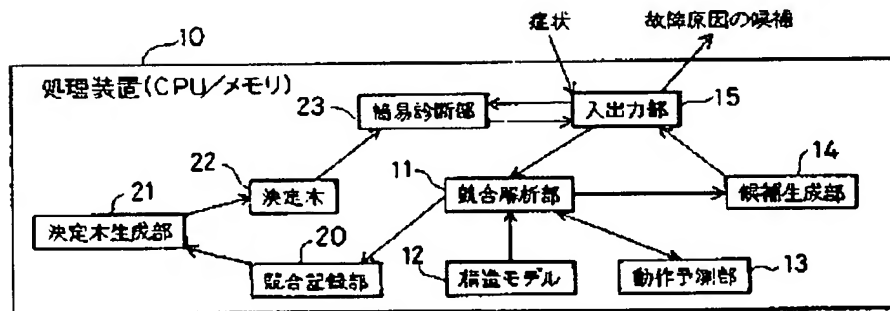
第7図は従来方式のブロック図を示す。

図中、10は処理装置、11は組合解析部、12は構造モデル、13は動作予測部、14は候補生成部、15は入出力部、20は組合記録部、21は決定木生成部、22は決定木、23は簡易診断部、24は簡易診断部を要す。

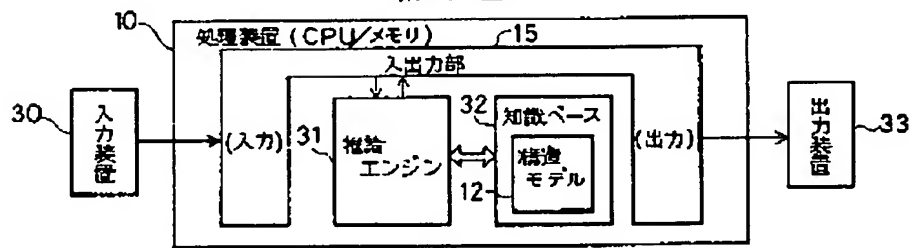
特許出願人 富士通株式会社  
代理人 弁理士 小笠原省吾（外2名）

- 15 -

- 16 -



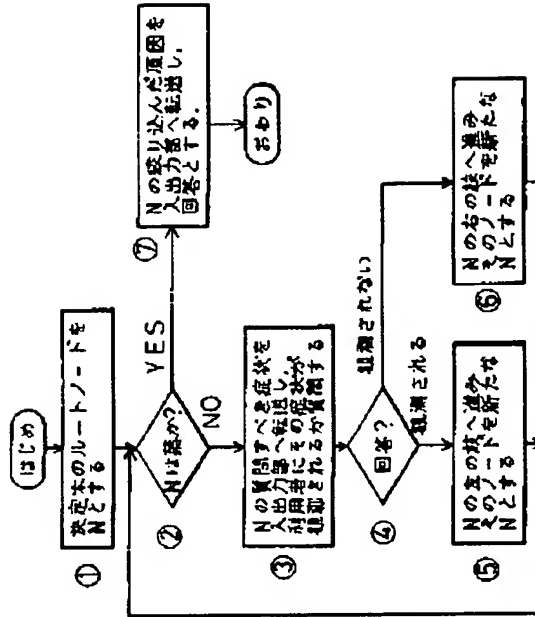
本発明の原理ブロック図  
第1図



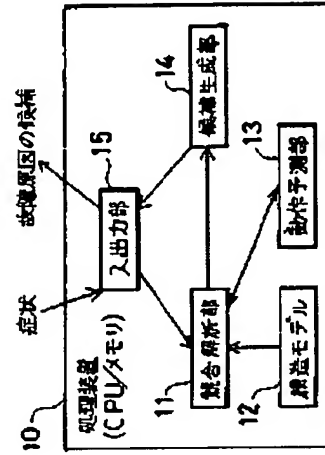
本発明の実施システム例  
第2図



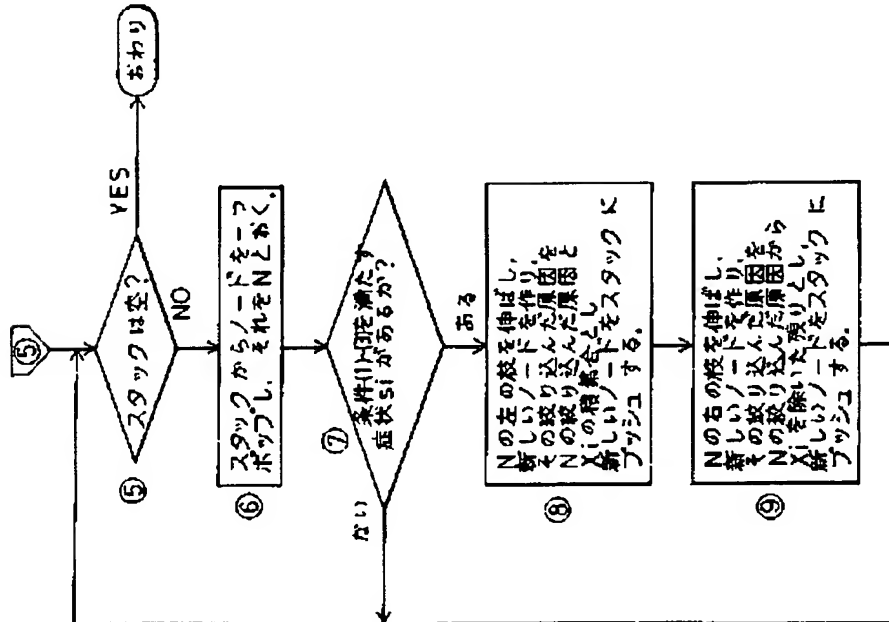
特開平 1-126761(7)



簡易診断部の処理の例  
第 6 図



従来方式のブロック図  
第 7 図



決定木生成部の処理の例  
第 5 図 (その2)